

**TRATAMIENTO TERMICO:
METODO PARA LA CUANTIFICACION
DE SU EFECTO SOBRE LA MATERIA PRIMA
Y PARA LA EXPLICACION DE SU SELECCION**

JOSÉ ANDRÉS AFONSO MARRERO*

La definición del tratamiento térmico de las rocas silíceas y su distinción del resto de las alteraciones que son producidas por la acción del calor es un tema recurrente en la bibliografía arqueológica, no obstante su correcta identificación representa un problema que resta aún por solucionar convenientemente. Es por tanto obligado contar con criterios claros que nos permitan distinguir entre la alteración térmica propiamente dicha y el tratamiento térmico. Por este último entendemos, parafraseando a Patrick McCutcheon, (...) *el tratamiento térmico es la alteración térmica del sílex hasta un punto en que éste llega a ser más 'trabajable', es decir, hasta que la iniciación y propagación de la fractura sea facilitada. El tratamiento térmico fallido acontece en ambos extremo del continuum de alteración térmica. En el extremo inferior, cuando la alteración térmica no es suficiente para afectar la 'trabajabilidad' del sílex, en el superior, el sílex es alterado hasta un punto en que la fractura concoidea deja de ser una propiedad física* (McCutcheon 1991:3). Por alteración térmica, se entiende la destrucción o disminución por la acción del calor de las cualidades de talla de cierto tipo de materia prima. Desde un punto de vista conductual, la distinción entre alteración térmica y tratamiento térmico se establece en términos de intencionalidad. Así la alteración térmica es el resultado de la aplicación azarosa de calor a las materias primas, mientras que el tratamiento térmico sería la aplicación de calor con el propósito de

* Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Granada, 18071. Granada, España.

obtener una modificación de las características, en el caso de las rocas silíceas, mecánicas de determinados materiales.

En este trabajo nos proponemos explorar las posibilidades de cuantificar las modificaciones que el calor produce sobre diversos tipos de materias primas y ofrecer un método que permita la comparación de los resultados obtenidos para las diferentes muestras de materiales líticos. Por esta razón, se aborda el tema del tratamiento térmico a partir de la primera de las dos definiciones del mismo que se han dado (mecánica y conductual).

El estudio del tratamiento térmico de las rocas silíceas no es tarea fácil, es un fenómeno que tiene manifestaciones macroscópicas y microscópicas que han de ser analizadas para una correcta comprensión del mismo. Entre las primeras, habría que destacar cambios de color, ocasionados por la alteración de las impurezas minerales (Luedtke 1992:103), aumento del tamaño y amplitud de las ondas de transmisión de la fuerza, observado tanto en la cara ventral de los productos de talla¹ como en las superficies de lascado, así como la aparición de lustre en la superficie de talla de materias que han sido previamente calentadas. Entre las segundas, la evaporación del agua intercrystalina, lo que provoca pérdida de peso y el debilitamiento de los enlaces moleculares; la oxidación, reducción, descomposición, deshidratación, inversión o fusión de los minerales no silíceos, etc. (Luedtke 1992:101-103).

La correcta aplicación de esta técnica de producción² de artefactos líticos parece estar relacionada con la velocidad con la que se alcanza la temperatura crítica de cada tipo de materia prima, con la materia prima utilizada (Price *et al.* 1982:472) y con la velocidad con la que se produce la pérdida de calor (Inizian *et al.* 1976-77:5). Así, el calentamiento rápido y el enfriamiento brusco producen alteración, mientras que el calentamiento lento favorece las cualidades para la talla de las rocas silíceas, siempre que no se sobrepase la temperatura crítica. Esta se sitúa, según todos los autores, y para las materias primas examinadas, en torno a 250-300°C (Rick y Chapell 1983; Inizian *et al.* 1976-77; Price *et al.* 1982).

El reconocimiento macroscópico del tratamiento térmico en los conjuntos líticos prehistóricos resulta, a veces, difícil; no obstante, todos los autores consultados señalan una serie de características que pueden ayudar a su identificación, si bien tomadas individualmente pueden llevar a graves equívocos. Podrá identificarse el tratamiento térmico siempre que podamos aislar en las piezas los siguientes fenómenos:

- Aparición de lustre en las partes talladas de los artefactos³ tratados térmicamente, en oposición con las partes mate no talladas.

- Modificación del color.
- Aumento de tamaño y amplitud de las ondas de transmisión de la fuerza en las caras ventrales de los productos de talla⁴.

Para identificar el tratamiento térmico sobre los artefactos que integran la muestra objeto de estudio, se tomará como criterio la presencia de al menos dos de los atributos antes descritos, a fin de evitar los problemas derivados de la similitud de las manifestaciones macroscópicas debidas al tratamiento y la alteración térmica.

Dos grandes cuestiones deben responderse para que el fenómeno sea entendido:

1) ¿Cómo se produce el tratamiento térmico?. La respuesta a esta pregunta puede abordarse desde dos enfoques:

- a- El método por el que se produjo el tratamiento térmico en la Prehistoria.
- b- Qué cambios se producen en la materia prima cuando es sometida a la acción del fuego.

2) ¿Qué razones inducen a las poblaciones prehistóricas a utilizar el tratamiento térmico?

Por lo que hace referencia a la primera cuestión, la investigación se ha centrado en descripciones etnográficas, en algunos casos exhaustiva, del uso del fuego en el tratamiento de las materias primas (Hester 1972; Mandeville 1973)⁵. No vamos a entrar en este trabajo en la presentación, descripción y discusión de ningún registro etnográfico referido al uso del tratamiento térmico, para proponerlo como modelo de su uso en la prehistoria. La respuesta a la segunda parte de esta pregunta la abordaremos, no tanto atendiendo a la explicación de los procesos de escala microscópica producidos por efecto del calor sobre las materias primas, sino a la de los cambios que a nivel macroscópico puedan observarse en la calidad de dichas materias. Entendiendo ésta última como la relación entre el grado de predictibilidad con la que se produce la fractura y la cantidad de materia extraída en cada episodio de lascado durante el proceso de reducción.

A fin de obtener los datos que permitan solventar la subjetividad de la conceptualización de la materia prima en buena o mala realizada a partir de las observaciones obtenidas en los experimentos etnoarqueológicos, dos requisitos son necesarios. Primero, la elaboración de una clasificación de la misma atendiendo a criterios macroscópicos y usando lupa binocular, que permita agruparla en clases de rocas de

características similares y de esta manera poder establecer comparaciones, bien entre clases distintas, bien entre elementos de una misma clase. Segundo, la utilización de un protocolo de procedimiento normalizado. Con ello se pretende, por un lado, mantener constante la forma de transmisión de la fuerza al sólido, para ello se utilizará un sistema de impacto dinámico mediante péndulo (figura 1), la geometría del experimento y la del espécimen sometido a examen y por otro, cuantificar el error y mantenerlo constante durante el desarrollo de la prueba (McCutcheon y Afonso Marrero 1994; Afonso Marrero y McCutcheon 1995).

Sobre la segunda cuestión, la más interesante sin duda, nada nuevo se ha aportado y cuando se ha intentado, la respuesta ha tendido a repetir como causa de la utilización de la técnica del calentamiento, los cambios que éste produce en la estructura de la roca silícea y que la hace más 'trabajable' (McCutcheon 1991; McCutcheon y Dunnell 1991).

Una metodología correcta para el estudio del tratamiento térmico detectado en un conjunto de industria lítica debería contemplar al menos los siguientes aspectos:

1. Sería necesario saber qué productos son obtenidos mediante la aplicación de esta técnica, a fin de entender el peso relativo que el proceso de producción o el uso posterior del artefacto tienen a la hora de decidir la adopción del tratamiento. Esto obliga necesariamente a la identificación, sin ningún tipo de dudas, del tratamiento térmico sobre tales productos. Con este fin pueden aplicarse técnicas de laboratorio muy sofisticadas tales como los análisis termogravimétricos (ATG), o bien recurrir a la identificación macroscópica de los atributos que la acción del calor provoca en las materias primas. La elección de uno u otro tipo de técnicas se hará en función de las necesidades de la investigación. Las técnicas de laboratorio tienen en su contra su carácter destructivo, pues requieren del procesado de una muestra, en la mayoría de los casos de pequeñas dimensiones, que resulta del todo irrecuperable, no obstante, tienen la ventaja de ofrecer una información cuantitativa, fácilmente procesable y comparable con otros datos obtenidos por los mismos medios o por otros de características similares. La identificación macroscópica tiene a su favor la no destrucción de los materiales arqueológicos y la posibilidad de realizarse sin recurrir a ningún medio técnico complicado, en su contra, la dificultad de distinguir de manera inequívoca los efectos del tratamiento térmico (conducta intencional) de los de la alteración térmica (accidente).

En nuestro caso nos hemos decidido a la utilización de la identificación macroscópica porque es la que más fácilmente puede ser aplicada, tanto en el campo, en el momento de recuperación de la muestra arqueológica, como en el laboratorio

durante su procesado. Ello no quiere decir que no puedan utilizarse, una vez definida la muestra con tratamiento térmico, de manera selectiva, otras técnicas cuantitativas, a fin de asegurar que dicha definición ha sido correcta.

2. Estrechamente relacionada con el punto anterior se hace también necesaria la identificación de los distintos tipos de materia prima que son tratados térmicamente, así como los tipos de soportes o útiles en que éstos son transformados.

3. Identificación de las fuentes de suministro de aquellas materias primas que hayan sido objeto de tratamiento térmico no con el fin de proceder a calcular el coste económico de la aplicación del tratamiento térmico (en función de la distancia, la disponibilidad de materia prima, etc.) en términos de *inputs/outputs* (McCutcheon 1991:6-7) de la economía de mercado, sino para proceder a la elaboración de un plan de experimentación que posibilite conocer el comportamiento de cada materia prima ante el tratamiento térmico y por tanto, explicar el porqué de su elección para ser tratada.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ESTUDIADA

Se estudia el conjunto de artefactos líticos tallados del yacimiento de La Cueva del Toro, (Antequera, Málaga, España).

La Cueva del Toro está localizada en la Sierra del Torcal. Esta es una de las sierras situadas en las zonas internas del Sistema Bético que limita en su vertiente norte con el Surco Intrabético; constituido en esta área por la Hoya de Antequera.

En el yacimiento se han realizado varias campañas de excavación por un equipo de la Universidad de La Laguna (Islas Canarias, España) dirigido por los Profesores Dimas Martín y M^a Dolores Camalich (Martín Socas y Camalich Massieu 1985; Martín Socas *et al.* 1985). La cueva ha sido objeto de un fuerte expolio en el lapso de tiempo transcurrido entre la primera intervención efectuada en 1977 y la última en 1985. Todo ello ha obligado al replanteamiento de los sistemas de excavación y los consiguientes problemas de articulación de la documentación proveniente de una y otra campañas.

Los excavadores han distinguido cuatro estratos. El estrato I es superficial y los materiales de él recuperados muestran una notable mezcla encontrándose artefactos provenientes de todos los niveles inferiores así como otros materiales escasamente representados en la cueva. El estrato II agrupa las unidades sedimentarias de la Edad del Cobre de este yacimiento. El estrato III fue identificado como Neolítico final y por

último, el estrato IV como Neolítico medio⁶. Aún pudiendo realizar el estudio a partir de esta secuencia estratigráfica, creemos conveniente reagrupar los estratos descritos por los excavadores en dos grandes fases. La Fase I englobaría los estratos III y IV y representaría las fases Neolíticas del yacimiento; la Fase II agruparía los estratos I y II, integrados básicamente por materiales Calcolíticos. El principal interés de este agrupamiento es el de minimizar el efecto que sobre los análisis estadísticos pueda ocasionar la mezcla de materiales producida por la actuación de excavadores clandestinos y por la complicación estratigráfica resultante de los procesos postdeposicionales relacionados con la evolución geológica de la cavidad.

La muestra de la Fase Neolítica (I) está compuesta por 671 piezas de las que 171 están completas (25,74%). El grado de alteración de la misma es alto, representando el 56,48%. En este trabajo clasificamos las alteraciones según su origen, en tres grandes grupos; las de origen físico, las químicas y aquellas que pueden tener ambos orígenes. A las primeras pertenecen las alteraciones mecánicas, a las segundas, las que hemos denominado en nuestra ficha químicas y a las terceras, el lustre y las alteraciones térmicas.

Alteración mecánica. Se trata de un tipo particular de alteración física cuyo resultado final es el piqueteado o astillado del artefacto o de parte de su superficie o de sus filos, esta alteración puede ser debida al uso, o bien producirse en la matriz sedimentaria donde el artefacto quedó depositado.

Otro tipo de alteración mecánica, menos usual, pero presente, es el pulido de uno o varios filos, o de parte de ellos, de un artefacto como consecuencia de su uso.

Alteración química. Bajo esta denominación se incluirán todas las alteraciones de naturaleza química, por ejemplo, pátinas de desilicificación, deshidratación, etc.

Lustre. El carácter de esta alteración no está aún bien definido, pudiendo ser de naturaleza física o química. Esta alteración se manifiesta por la aparición de un brillo en la superficie o en los filos del artefacto. Dentro de este campo se harán dos distinciones, el lustre indefinido, que englobaría una suerte de alteraciones producidas por el uso, por las características del sedimento donde se depositaron los artefactos, etc., y el lustre de cereal, el cual se produce por el trabajo sobre este tipo de vegetales.

Alteración térmica. Se trata de destacar todos los artefactos que hayan sufrido algún tipo de alteración ocasionado por la acción del calor. Estas alteraciones pueden ser químicas, cambios de color, o físicas, presencia de cúpulas o cúpulas parásitas, o craquelado en la superficie del artefacto.

La alteración más común es la térmica, que se encuentra presente en 222 artefactos (33,08%). El tratamiento térmico afecta a 35 ejemplares, siendo porcentualmente alto (5,22%). La alteración química se ha identificado sobre 87 productos de talla (12,96%). Del total de 18 artefactos que presentan alteración mecánica, 15 presentan astillamiento de sus filos o piqueteado de su superficie (2,24%) y en los otros 3 casos se trata del pulido de los filos de sendas hojas prismáticas (0,45%). Diecisiete elementos presentan diferentes tipos de lustre, de los que tan sólo uno puede ser clasificado como de cereal (0,15%) y el resto como indefinido (2,38%).

La muestra de la Fase Calcolítica (II) está compuesta por un conjunto de 205 piezas de las que 46 están completas (22,44%). Su grado de alteración es bastante alto (53,65%), siendo la alteración más frecuente la térmica, presente en 63 artefactos (30,73%). El tratamiento térmico se identifica macroscópicamente en 8 piezas, siendo porcentualmente bastante significativo (3,90%), pues en las fases Calcolíticas de una serie de ocho yacimientos⁷ de la región el mismo oscila entre el 0,32% de El Cerro de la Virgen y el 1,61% de Zájara (Afonso Marrero 1993). Veintinueve productos tienen alteración química (14,15%) y siete la tienen mecánica, de los que seis (3,42%) presentan astillamiento de sus filos o piqueteado de su superficie y en el caso restante se trata de una hoja prismática con alguno de sus filos pulidos (0,49%). No ha sido identificada ninguna pieza con lustre de cereal, en los tres casos en que se ha reconocido el lustre éste es indefinido (1,46%) (Afonso Marrero 1993:247-267).

Dado que la identificación del tratamiento térmico sobre los artefactos estudiados se ha realizado exclusivamente a nivel macroscópico y a que los excavadores no nos han proporcionado una distribución espacial de los conjuntos artefactuales que nos permita hacer un análisis contextual más preciso, podría pensarse que éste pudo haber sido ocasionado de manera accidental. El principal argumento a esta objeción lo constituye la distribución del tratamiento sobre los distintos productos. Así, por ejemplo, la existencia en la Fase Neolítica del yacimiento de núcleos (0,15%), hojas prismáticas (4,17%) y no prismáticas (0,3%), además de lascas (0,6%) tratadas térmicamente, indica claramente que éste constituye una técnica asentada dentro del proceso productivo, tanto de soportes como de implementos. Por otro lado, la identificación exclusivamente a través de observaciones macroscópicas de los distintos fenómenos relacionados con el calentamiento de las rocas silíceas, obliga a ser extremadamente cauto, por lo que, como se ha dicho con anterioridad, se ha tomado como criterio para la identificación del tratamiento térmico la presencia de al menos dos de los atributos macroscópicos característicos de la acción del calor, de ahí el bajo número de artefactos en los que ha sido identificado el tratamiento térmico.

El uso de dicha técnica presenta marcadas diferencias cronológicas y regionales. Así se observa, en un primer lugar, un progresivo descenso de los productos de talla con tratamiento térmico conforme nos acercamos a la Edad del Cobre.

En este punto quizás sea conveniente la explicación de los porcentajes bastante altos, similares a los Neolíticos, de la fase II de la Cueva del Toro. Ha de tomarse en consideración que al tratarse de una cueva, su registro arqueológico está formado por una especie de palimpsesto de unidades sedimentarias originadas durante las distintas ocupaciones. Según los excavadores, diversos episodios de caídas de bloques obligaron al reacondicionamiento del espacio habitable, lo que, sin duda, implicaría la remoción de los niveles formados en las ocupaciones anteriores. Por otro lado, hay que señalar que a esta distorsión del registro, provocada por los propios habitantes del yacimiento, tiene que añadirse la provocada por la actividad de excavadores clandestinos. Asimismo, este alto porcentaje de tratamiento térmico puede ser explicado, en parte, como consecuencia de la continuación de una tradición que viene del Neolítico.

Esta tendencia a la disminución del uso de la técnica no afecta por igual a todos los productos. Así mientras en el Neolítico observamos que el tratamiento térmico afecta fundamentalmente a soportes laminares, en el Calcolítico, por el contrario, el peso cualitativo del tratamiento térmico varía, siendo en este momento las lascas y los productos de talla indeterminados sobre los que más se identifica el uso de esta técnica, observándose un aumento de las lascas con tratamiento térmico en relación con los conjuntos Neolíticos. Esta diferencia puede deberse a un cambio en la técnica de producción laminar. La técnica Neolítica de talla mediante presión requiere que un material tan duro como el sílex reciba algún tipo de tratamiento que facilite su talla; con la introducción de la preparación de crestas, a fin de controlar las dimensiones de los productos laminares y el empleo de la percusión indirecta, la necesidad de tratar térmicamente la materia prima para estos menesteres desaparece.

En segundo lugar, estas diferencias entre el Neolítico y la Edad del Cobre en el empleo del tratamiento térmico, también se observan en cuanto al momento en que esta técnica es empleada en el proceso de producción lítica. De este modo, en los conjuntos neolíticos, la presencia de núcleos tratados térmicamente y soportes con córtex y tratamiento térmico, parece indicar un uso de la técnica desde los primeros momentos del proceso productivo. Sin embargo, en los conjuntos procedentes de la Fase Calcolítica, no encontramos, como ya se dijo, evidencia de tratamiento térmico de los núcleos, sólo las lascas presentan tratamiento térmico, lo que pone de manifiesto que el uso de dicha técnica se produce en el momento de la modificación secundaria de los soportes (Afonso Marrero 1993:385-390).

Distintas clases de materias primas fueron tratadas térmicamente en ambas fases del asentamiento, pero sólo de algunas ha podido identificarse su procedencia⁸. Diversos factores han imposibilitado hasta el momento la localización precisa de la totalidad de las fuentes de suministro de las materias primas reconocidas en el conjunto de artefactos provenientes de La Cueva del Toro. Es de destacar, por un lado, la variabilidad lateral de las rocas silíceas locales, es decir, cambios en la composición química, especialmente en los elementos detríticos, tanto en la cantidad de cada uno de ellos como en su número, o cambios en la estructura debidos a la existencia de ambientes sedimentarios bien diferenciados, cambios en la profundidad de las aguas, de su temperatura o la existencia de corrientes, etc.; o bien ambas cosas, que se producen dentro de una misma formación geológica, y, por otro, la existencia en la muestra de materiales no locales.

Entre los materiales identificados se han elegido tres clases de sílex procedentes de la misma fuente de suministro. Dos muestran características macroscópicas similares, LOJ-1 y LOJ-2 y otro asociado a las mismas formaciones geológicas, pero con distintas propiedades mecánicas y petrológicas, LOJ-1a. Dicha fuente, Los Gallumbares (Loja, Granada, España), se sitúa en las Cordilleras Subbéticas del Sur peninsular. En ellas son abundantes las formaciones con sílex, de los que los más comunes son los sílex de foraminíferos y en menor medida, los de radiolarios. Las muestras que se analizan a continuación son dos sílex de foraminíferos, LOJ-1 y LOJ-2, ambas originadas por la sustitución de los carbonatos de las calizas con foraminíferos por sílice; y una caliza silicificada, LOJ-1a, en la que el grado de sustitución es bastante menor.

DETERMINACION DE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS ELEGIDAS COMO CONSECUENCIA DEL TRATAMIENTO TERMICO

Con el fin de comprobar los efectos del calentamiento sobre las distintas clases de materiales, éstos se sometieron a análisis termogravimétricos (TGA). El TGA es una técnica útil para investigar las reacciones acompañadas de cambios en la masa que tienen lugar cuando se calienta un sólido o un líquido. La temperatura de la muestra analizada debe mantenerse constante por un intervalo de tiempo o puede aumentarse a incrementos iguales. El peso de cada una de las muestras necesarias para el análisis oscila entre 5 y 500 mg debiendo ser previamente molidas. En nuestro caso el experimento se desarrolló aumentando la temperatura 5°C cada minuto hasta alcanzar una temperatura de 1.100° C. Los resultados de dichas pruebas quedan reflejados en las figuras 2, 3 y 4.

En estas figuras pueden observarse los siguientes comportamientos del sílex y la caliza silicificada. En las muestras LOJ-1 y LOJ-2 se produce una primera pérdida de peso ocasionada por la evaporación parcial del agua intercrystalina, a partir de los 100°C y hasta los 600°C la evaporación del agua continúa al tiempo que se produce la alteración de parte de las impurezas minerales que es en gran medida la causante de los cambios de color, entre los 600°C y 700°C se produce la volatilización de los carbonatos y con ella la mayor pérdida de peso. En el caso de LOJ-1a, su composición básicamente caliza hace que la única pérdida de peso significativa tenga lugar entre los 600°C y 700°C.

Es precisamente en el segundo intervalo de temperaturas (100-600°C) donde se produce el tratamiento térmico. A fin de asegurar la temperatura a la que las características macroscópicas propias del uso de dicha técnica observadas en el conjunto de materiales arqueológicos procedentes de la Cueva del Toro, se realizó una prueba consistente en cinco experimentos partiendo de los 200°C y aumentando 50°C en cada uno de los intentos, sobre muestras geológicas de mano de cada una de las materias primas locales identificadas (LOJ-1, LOJ-1a y LOJ-2). Cada muestra se calentó a la temperatura deseada y se mantuvo en ella durante ocho horas, después de lo cual se dejó enfriar lentamente en el horno. En ninguno de los casos el período de enfriamiento fue inferior a dieciocho horas.

Una vez calentada la muestra se fractura y se describen, usando una tabla de colores Munsell, los cambios en esa propiedad, se anota la presencia o no de lustre y se compara con el lustre que tenía con anterioridad, y por último, se valoran, mediante test de impacto dinámico los cambios en las propiedades mecánicas (tablas 1, 2 y 3).

Resumiendo, los resultados obtenidos son como siguen: la muestra LOJ-1a cambia de color y ligeramente en las propiedades físicas. El lustre no aparece. LOJ-1 y LOJ-2, cambian tanto en color como en propiedades mecánicas y el lustre aparece desde el primer ensayo a 200°C. En cuanto a que temperatura se obtiene el tratamiento, ésta oscila entre los 350°C y 400°C. Si la muestra es calentada por encima de los 400°C la fracturación concoidea (hertziana) empieza a desaparecer.

Por último, y para comprobar si el tratamiento de la materia prima producía algún tipo de mejora en la calidad de la misma, se realizó un test de impacto dinámico sobre materiales tratados y no tratados cuyos resultados están resumidos en las figuras 5, 6 y 7. En la realización de dicho test se siguió el siguiente protocolo. La muestra estaba integrada por un conjunto de bloques de 1 x 1 x 0,5 cm de cada tipo de materia prima, la mitad de los cuales fueron tratados térmicamente a 350°C siguiendo los resultados obtenidos en el experimento anterior.

Como puede deducirse de las figuras, la materia prima LOJ-1a casi no muestra variación en su calidad después de ser tratada térmicamente, se necesita prácticamente la misma fuerza para fracturarla y la cantidad de materia removida en cada fractura (pérdida de peso del espécimen probado) permanece relativamente constante. En LOJ-2 la mejora de la calidad después del calentamiento es manifiesta. No sólo se producen más fracturas sino que además, en líneas generales, se necesita menos energía para producirlas y la pérdida de peso es mayor. Otro aspecto de la mejora de la calidad, del que hasta ahora no se había hablado y que resulta evidente en las pruebas practicadas a LOJ-2, es la regularidad con la que se generan las fracturas (tabla 4.). El material que más mejora con la aplicación del fuego es LOJ-1. El resultado del test de impacto dinámico es la generación de dos conjuntos de datos claramente diferenciados en razón de que se haya aplicado o no tratamiento térmico. Las muestras tratadas térmicamente necesitan mucha menos fuerza para romperse y la cantidad de materia que se extrae en cada fractura es mayor.

A modo de resumen, puede afirmarse que la razón del uso del tratamiento térmico como técnica en la producción puede explicarse a través de tres cambios que éste ocasiona en la materia: aumento de la fragilidad y de la dureza así como la pérdida de peso. La fragilidad es básicamente la causante de la mejora de las condiciones para la talla de un determinado material y está estrechamente relacionada con los procedimientos de fabricación de los artefactos. La dureza y la pérdida de peso, por el contrario, están más relacionadas con las condiciones de uso del producto. En el caso estudiado en este trabajo se ha explorado como el uso del tratamiento térmico afecta a dos de las tres variables antes dichas (fragilidad y peso) y se ha probado que, en términos generales, estos cambios pueden ser entendidos como mejoras de la calidad de la materia prima tallada, lo que en última instancia justifica la utilización de la técnica tanto durante la modificación primaria de la materia como durante la secundaria, y que tal utilización queda confirmada en la muestra procedente de la Cueva del Toro.

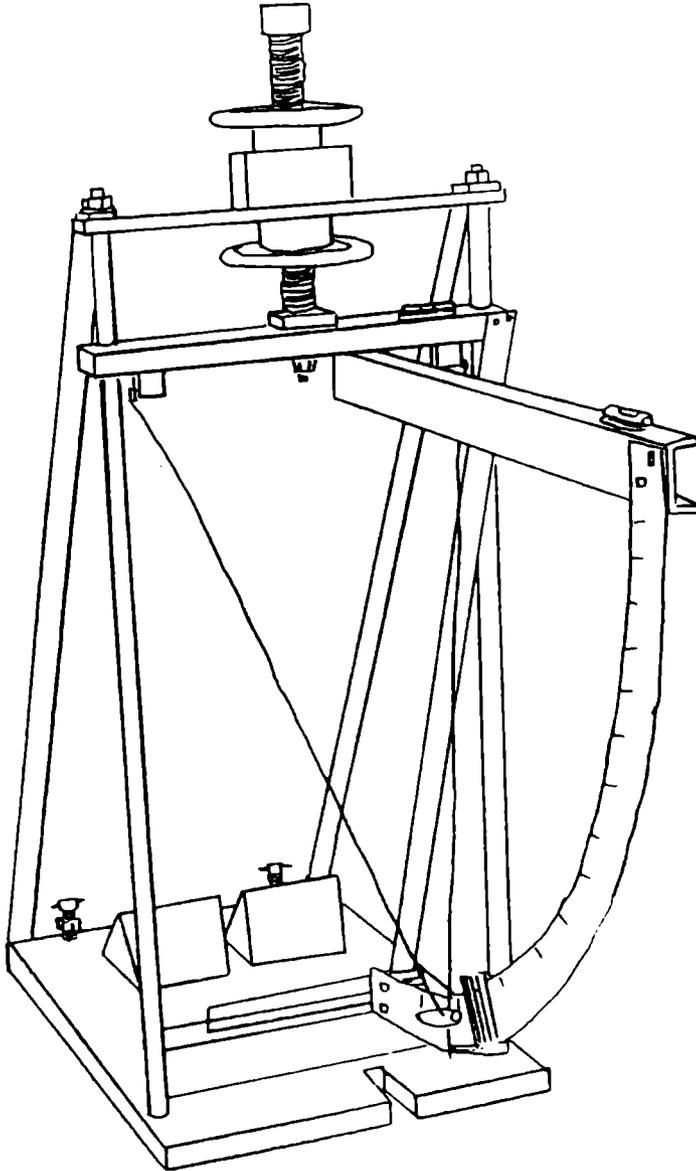
NOTAS

- ¹ Por producto de talla se entiende todo objeto resultado de un proceso de trabajo (Ruiz Rodríguez *et al.* 1986; Martínez y Afonso Marrero 1994), tanto los desechos, desechos de talla, núcleos desechados, núcleos agotados, debris, etc.; como los objetos acabados, lascas, hojas, implementos (Bradley 1975: 5), etc.
- ² Se utiliza aquí el concepto de técnica en sentido restrictivo, siguiendo la definición que de la misma hace M.H. Newcommer (1975: 98-99). ... *el concepto de técnica puede ser restringido*

en su significado y hacer referencia a la manera en que la fuerza es aplicada para extraer una lasca, la forma en que la pieza es sostenida durante la talla, etc. dado que el tratamiento térmico es una condición necesaria para extraer una lasca/hoja en determinadas cadenas de producción líticas, se entiende que es también una técnica.

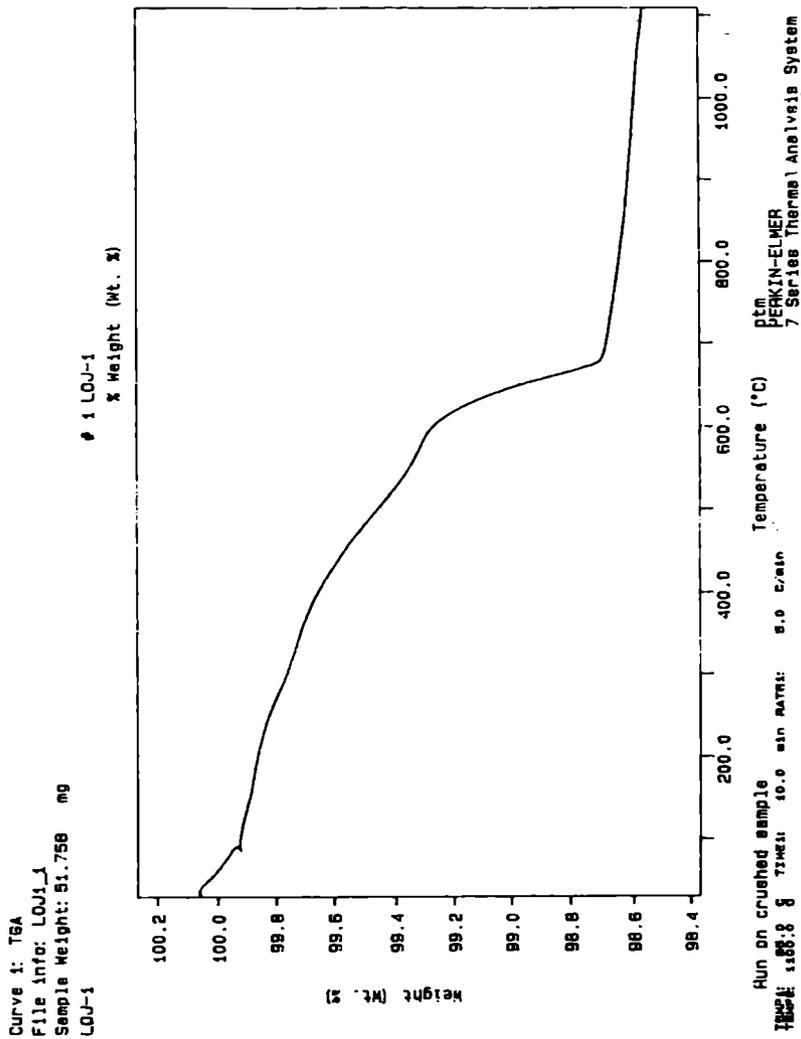
- ³ Se utiliza en este trabajo el concepto de artefacto dado por R.C. Dunnell (1977: 142): *artefacto* significa *todo aquello que presenta algún atributo físico que puede suponerse resultado de la actividad humana* (énfasis en original).
- ⁴ Aunque los cambios de color y la aparición del lustre pueden valorarse macroscópicamente, aunque no cuantificarse, sin que sea necesaria la identificación de la materia prima que ha sido tratada térmicamente, si en la pieza observada se identifican superficies no talladas o de talla previas al calentamiento y superficies de talla obtenidas con posterioridad a la aplicación del calor; el aumento de la amplitud de las ondas de transmisión de la fuerza solo puede hacerse por comparación con la amplitud que estas tenían cuando el material no había sido tratado, de ahí que este aspecto sea más un criterio de confirmación *a posteriori* de la existencia del tratamiento térmico que un medio para su identificación sobre las muestras arqueológicas brutas.
- ⁵ Una interesante referencia al uso del fuego en la explotación minera de los recursos líticos se puede leer en el trabajo de Bárbara Purdy (1986) sobre la tecnología lítica prehistórica de Florida.
- ⁶ La periodización de la Prehistoria Reciente del Sur de la Península Ibérica se expresa habitualmente no en fechas de calendario sino en intervalos de años de radiocarbono establecidos partiendo de múltiples fechas obtenidas en diversos yacimientos de la zona. De esta manera, se ha seguido en este trabajo las periodizaciones propuestas por F. Molina González (1983; Delibes *et al.* 1988: 255-262) en las que las rupturas entre los períodos se dan no sólo por cambios en la tipología de los artefactos sino también por los cambios sociales que representa. Sintéticamente, las primeras fases de la Prehistoria Reciente en Andalucía se ordenarían de la siguiente forma:
 - Neolítico Medio 4.000 a.C. a 3.500 a.C.
 - Neolítico Reciente 3.500 a.C. a 2.700 a.C.
 - Calcolítico 2.700 a.C. a 1.800 a.C.
- ⁷ Polideportivo de Martos (Martos, Jaén), El Cerro de San Cristóbal (Ogijares, Granada), El Cerro de la Virgen (Orce, Granada), Puente de Santa Bárbara (Santa Bárbara, Almería), Campos (Cuevas de Almanzora, Almería), Zájara (Cuevas de Almanzora, Almería), Las Pilas (Mojácar, Almería) y Almizaraque (Herrerías, Almería).
- ⁸ La identificación de la procedencia se ha realizado también de manera macroscópica utilizando la técnica de análisis exoscópicos de materiales sumergidos en agua (Ramos Millán 1991: 261-263).

FIGURA 1



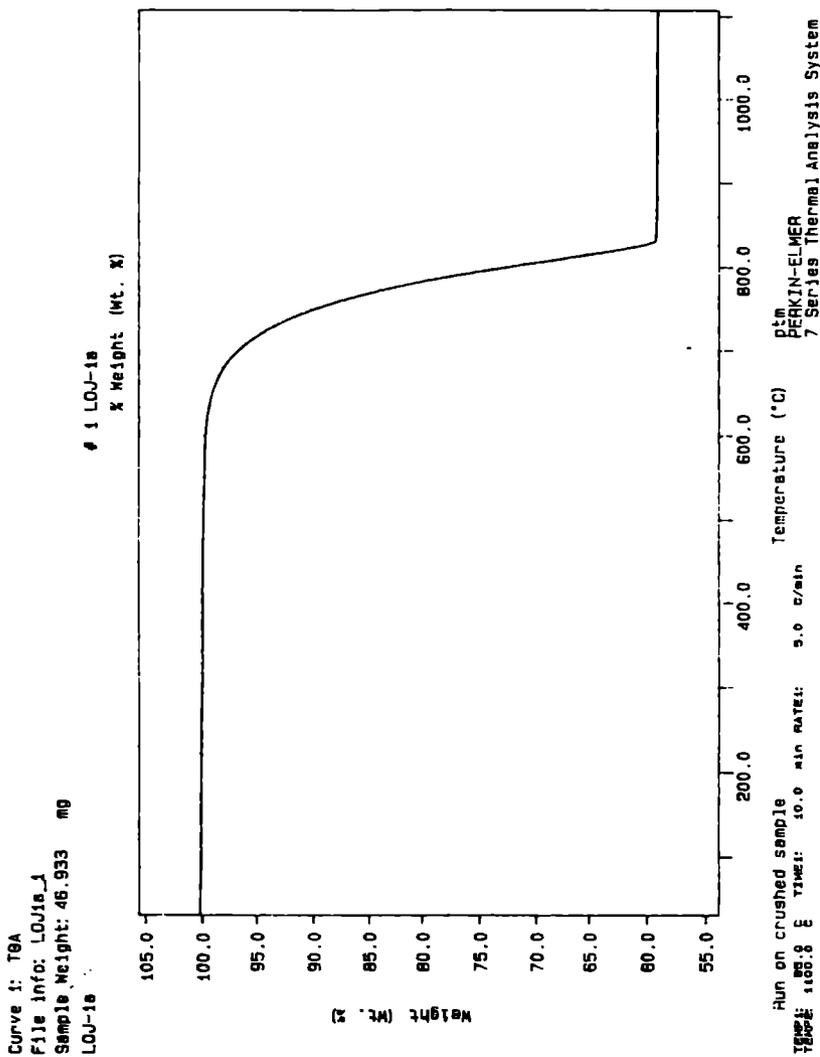
Mecanismo de péndulo para la transmisión de la fuerza al sólido

FIGURA 2



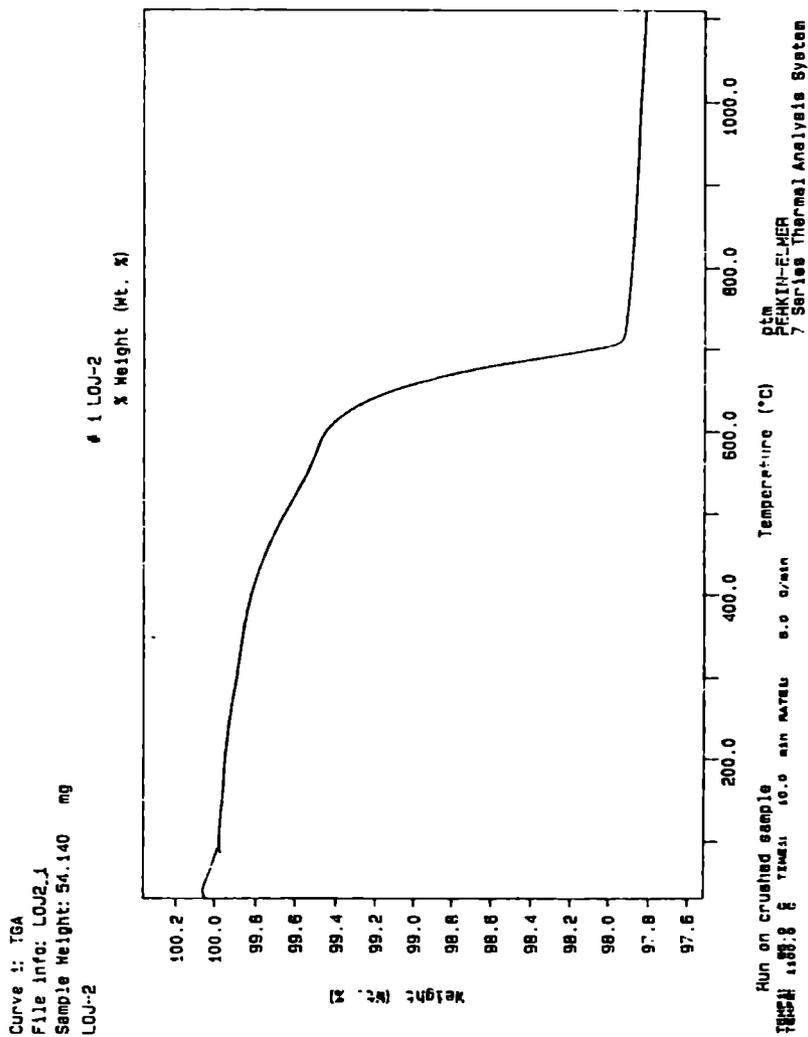
Curva ATG, porcentaje de pérdida de peso por temperatura de la materia prima LOJ-1

FIGURA 3



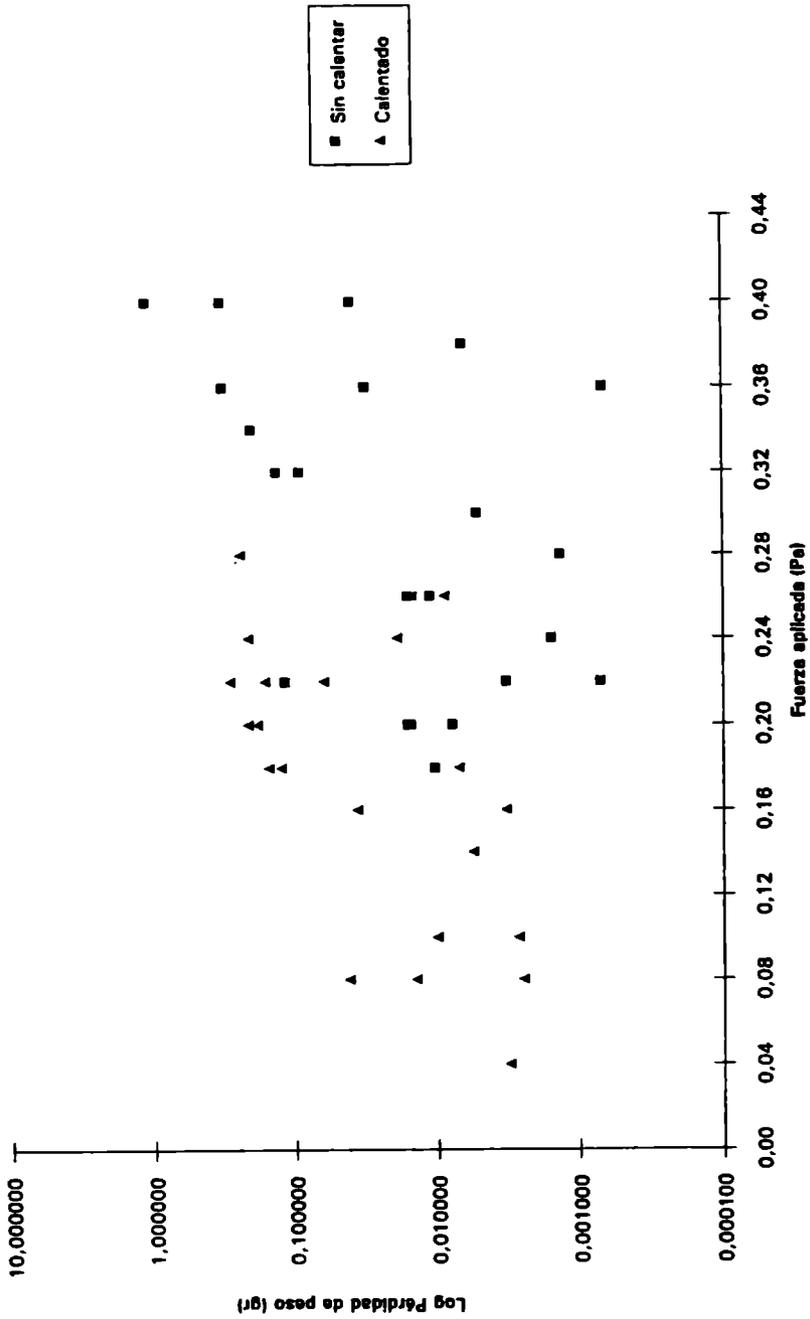
Curva ATG, porcentaje de pérdida de peso por temperatura de la materia prima LOJ-1a

FIGURA 4



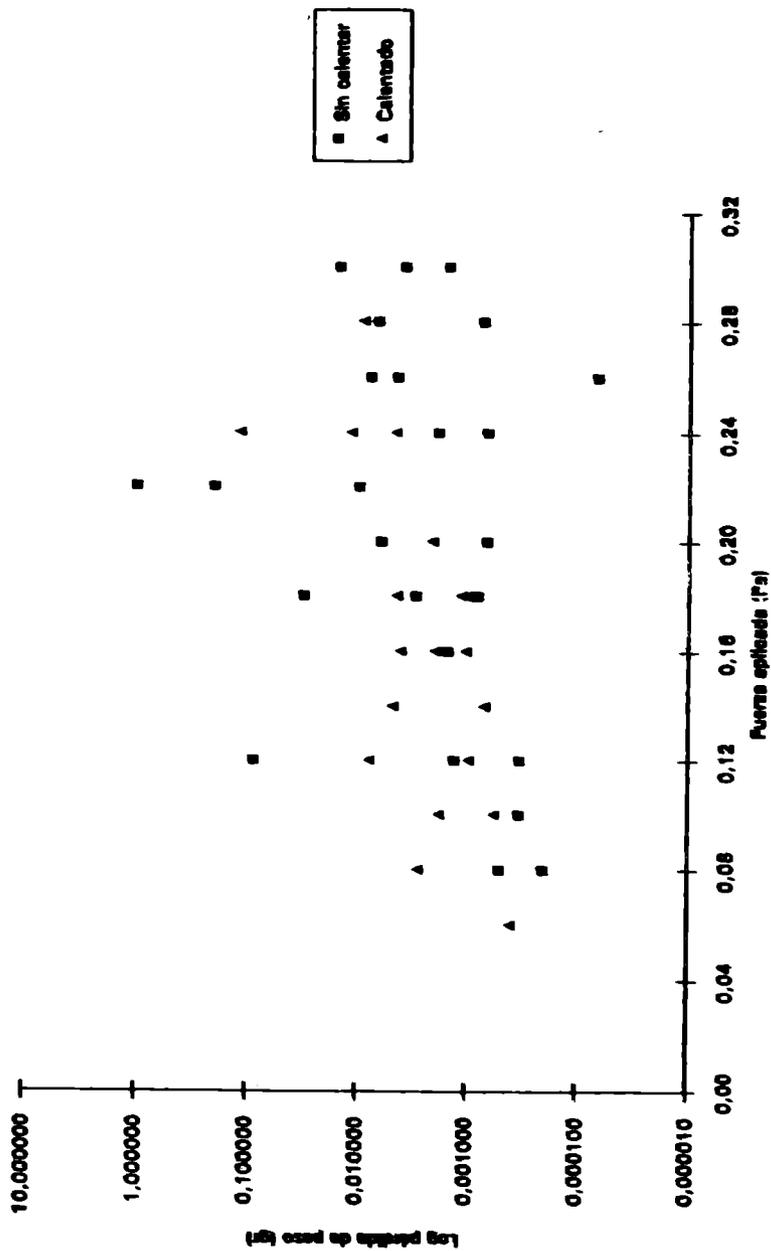
Curva ATG, porcentaje de pérdida de peso por temperatura de la materia prima LOJ-2

FIGURA 5



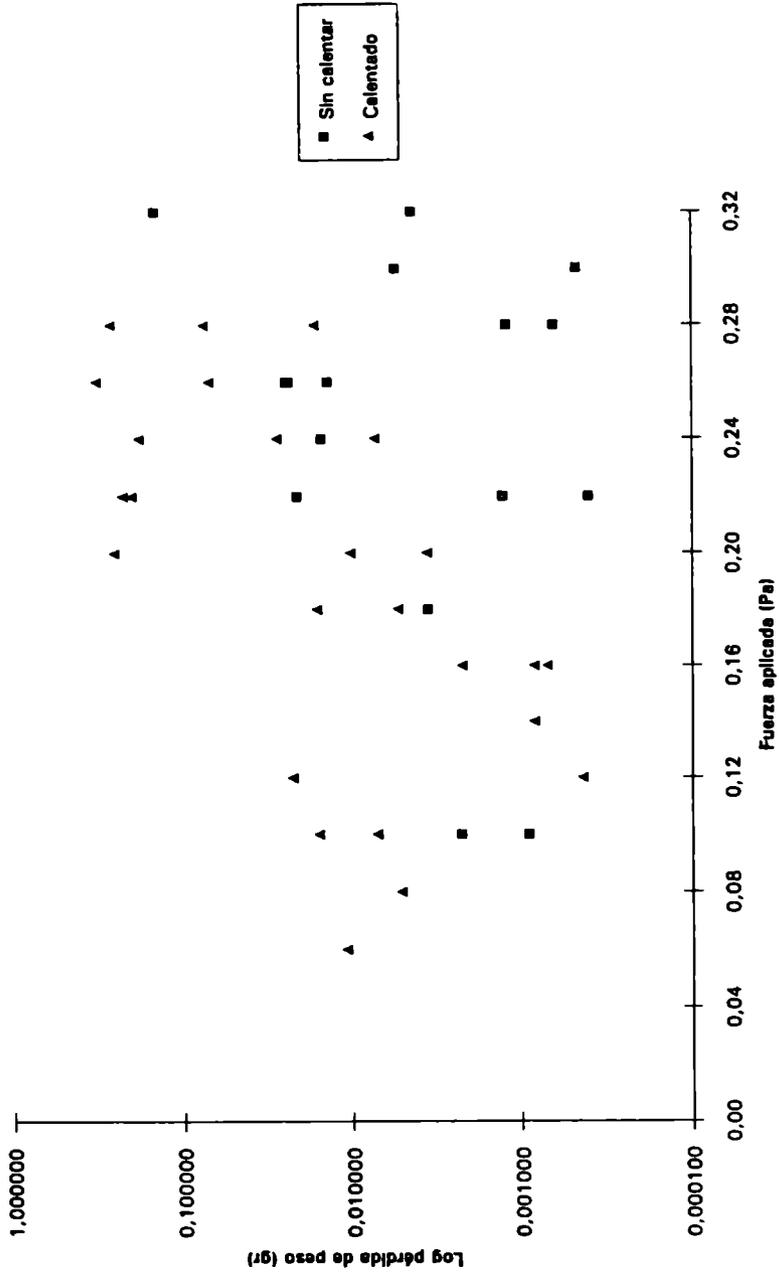
LOJ-1 Pérdida de peso por fuerza aplicada

FIGURA 6



LOJ-1a Pérdida de peso por fuerza aplicada

FIGURA 7



LOJ-2 Pérdida de peso por fuerza aplicada

TABLA 1

Atributos	Sin calentar	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C
Color	N5/O	N4/	7.5RN5/O	5YR5/1	5YR4/1	5YR5.5/1	205YRN3.5
Lustre	No	Si	> a 200 °C	> a 250 °C	> a 300 °C	> a 350 °C	> a 400 °C
Superficie lascado	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

Cambios en color, lustre y superficie de lascado de la materia prima LOJ-1

TABLA 2

Atributos	Sin Calentar	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C
Color	10YR6/2	10YR6/2	10YR6/2	10YR6/3	10YR5/2	10YR5/2	10YR5/1
Lustre	No	No	No	No	No	No	No
Superficie lascado	Regular	Regular	Regular	Irregular	Irregular	Irregular	Irregular

Cambios en color, lustre y superficie de lascado de la materia prima LOJ-1a

TABLA 3

Atributos	Sin calentar	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C
Color	25YN5/0 y 10YR7/2	25YN5/0 y 10YR7/2	7.5YRN5/0 y 10YR8/1	10YR6/1, 10YR8/1 y 7.5YR 6/0 (FS)	10YR6/1, 10YR7/1 y 7.5YRN6 (FS)	7.5YRN6, 10YR7.5/1 y 7.5YRN5.5 (FS)	7.5YRN6, 10YR7/1 y 7.5YRN/5
Lustre	No	> sin calentar	> a 200 °C	> a 250 °C	> a 300 °C	> a 350 °C	> a 400 °C
Superficie lascado	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Irregular

Cambios en color, lustre y superficie de lascado de la materia prima LOJ-2

TABLA 4

Materia prima	Sin calentar		Calentados	
	Nº Ejemplares probados	% Fracturas obtenidas	Nº de ejemplares probados	% Fracturas obtenidas
LOJ-1	71	36,62%	42	57,14%
LOJ-1a	65	41,54%	57	36,84%
LOJ-2	71	23,94%	42	61,90%

Número de pruebas realizadas por cada tipo de materia prima calentada y sin calentar y porcentaje de fracturas obtenidas

BIBLIOGRAFÍA

AFONSO MARRERO, J. A.

- 1993 *Aspectos técnicos de la producción lítica de la Prehistoria Reciente del Sureste y la Alta Andalucía*. Tesis de Doctorado, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada, Granada. Ms.

AFONSO MARRERO, J. A. y P. McCUTCHEON

- 1995 Caracterización mecánica de las rocas silíceas. Cuantificando la calidad de las materias primas utilizadas en los procesos de producción de las sociedades prehistóricas. Trabajo presentado en la Segunda reunión de Arqueometría. Primer Congreso Nacional, Granada.

BRADLEY, B. A.

- 1975 Lithic reduction sequences: a glossary and discussion. En *Lithic technology. Making and using stone tools*, editado por E. Swanson, pp. 5-13. Mouton Publishers, The Hague-Paris.

DELIBES de CASTRO, G., M. FERNANDEZ-MIRANDA FERNANDEZ, A. MARTIN COLLIGA y F. MOLINA GONZALEZ

- 1988 El Calcolítico en la Península Ibérica. En *Congresso Internazionale L'Età del Rame in Europa*, AA.VV., *Rassegna di Archeologia* 7:255-282.

DUNNELL, R. C.

- 1977 *Prehistoria moderna. Introducción sistemática al estudio de la Arqueología prehistórica*. Ediciones Istmo, Madrid.

HESTER, T. R.

- 1972 Ethnographic evidence for thermal alteration of siliceous stone. *Tebiwa* 15:65-65.

INIZIAN, M. L., H. ROCHE y J. TIXIER

- 1976-77 Avantage d'un traitement thermique pour la taille des roches siliceuses. *Quaternaria* XIX:1-18.

LUEDTKE, B. E.

- 1992 *An Archaeologist's guide to chert and flint*. Archaeological Research Tools 7. Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles.

MANDEVILLE, M. D.

1973 A consideration of the thermal pretreatment of chert. *Plains Anthropologist* 18:177-202.

MARTIN SOCAS, D. y M^a D. CAMALICH MASSIEU

1985 Prospección de la Sierra de el Torcal (Antequera, Málaga). Campaña de 1985. *Anuario Arqueológico de Andalucía 1985. II Actividades Sistemáticas*, pp. 17-18.

MARTIN SOCAS, D., M^a D. CAMALICH MASSIEU y P. GONZALEZ QUINTERO

1985 Informe preliminar de la Campaña de 1985 en la Cueva de El Toro de El Torcal (Antequera, Málaga). *Anuario Arqueológico de Andalucía 1985. II Actividades Sistemáticas*, pp. 233-241.

MARTINEZ FERNANDEZ, G. y J.A. AFONSO MARRERO

1994 La producción lítica: un modelo para el análisis histórico de los conjuntos de piedra tallada. En *Los Recursos Abióticos en la Prehistoria. Caracterización, Aprovechamiento e Intercambio*, editado por J. Bernabeu, T. Orozco y X. Terradas. Publicacions de la Universitat de València, en prensa.

McCUTCHEON, P. T.

1991 Explaining lithic heat-treatment technology. Trabajo presentado en el 56th Annual Meeting of The Society for American Archaeology, New Orleans.

McCUTCHEON, P. T. y J.A. AFONSO MARRERO

1994 Quantifying mechanical behaviour of chert from Middle Missouri River Valley and Southeast Iberia (Spain). Trabajo presentado en el 59th Annual Meeting of The Society for American Archaeology, Anaheim.

McCUTCHEON, P. T. y R.C. DUNNELL

1991 Mississippian lithic exchange, heat treatment and fracture toughness. Trabajo presentado en la Southeastern Archaeological Conference.

MOLINA GONZALEZ, F.

1983 *Historia de Granada. I. De las primeras Culturas al Islam. Prehistoria*, pp. 3-131. Editorial Don Quijote, Granada.

NEWCOMMER, M. H.

1975 "Punch Technique" and Upper Palaeolithic blades. En *Lithic Technology*:

Making and Using Stone Tools, editado por E. Swanson, pp. 97-103. Mouton Publishers, The Hague-Paris.

PRICE, D. T.; S. CHAPEL y D.J. IVES

1982 Thermal alteration in Mesolithic assemblages. *Proceedings of the Prehistoric Society* 48:467-485.

PURDY, B. A.

1986 *Florida's prehistoric stone technology*. University of Florida Book, Gainesville.

RAMOS MILLAN, A.

1991 Immersion exoscopic analysis and sourcing subbetic flints. En *VI International Flint Symposium. Abstracts*, editado por M.A. Bustillo y A. Ramos-Millán, pp. 261-263. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.

RICK, J. W. y S. CHAPPELL

1983 Thermal alteration of silica materials in technological and functional perspective. *Lithic Technology* 12(3):69-81.

RUIZ RODRIGUEZ, A., M. MOLINOS MOLINOS; F. NOCETE CALVO y M. CASTRO LOPEZ

1986 Concepto de producto en Arqueología. *Arqueología Espacial* 14:63-80.